

Abastecimento de água PVC-U

Tubos PVC-U pressão cinza escuro - EN ISO 1452 W

Emboadura com junta autoblocante (JA) e emboadura para colar (TU)



Os sistemas de tubagem de PVC-U pressão cinza escuro para abastecimento de água, são uma excelente alternativa quando comparados aos sistemas com materiais tradicionais, devido à sua elevada robustez, menor densidade maior flexibilidade, longevidade e elevada resistência química.

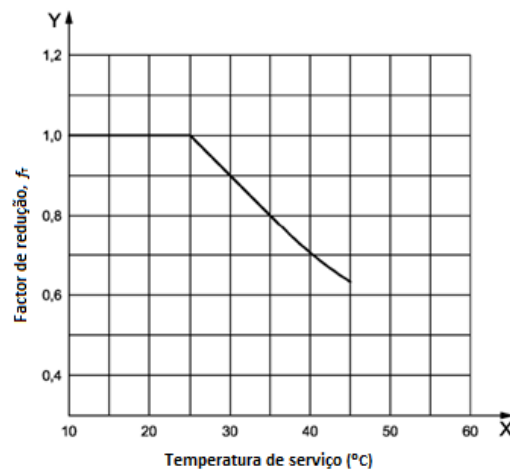
Estes tubos seguem as especificações definidas nas normas EN ISO 1452-1 e -2, tendo em consideração o MRS 25,0 MPa e Coeficientes de Projecto a 23 °C de $C=2,5$ MPa ($\varnothing \leq 90$ mm) e $C=2,0$ MPa ($\varnothing \geq 110$ mm).

Este documento é aplicável aos tubos PVC-U pressão cinza-escuro e suas uniões, usados com:

- pressão máxima de serviço, PFA, de 6 bar (0,6 MPa) até 20 bar (2,0 MPa);
- temperatura de utilização de 25 °C, como temperatura de referência.

Para temperaturas entre 25 °C e 45 °C, a pressão máxima de serviço, PFA, é obtida multiplicando a pressão nominal, PN, pelo factor de correcção, f_T , dado pela equação:

$$PFA = f_T \times PN$$



Factor de correcção, f_T , para temperatura de serviço até 45 °C

Material

O composto com que se fabricam os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, deve preparar-se com resina de PVC, à qual são adicionados os aditivos necessários para facilitar a produção por processos de extrusão.

Características do material dos tubos de Tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W

Característica	Valor	Método de ensaio
Densidade, ρ , (23 °C)	1,350 kg/m ³ a 1,460 kg/m ³	EN ISO 1183
MRS – PVC-U 250	≥ 25 MPa	ISO 9080
Tensão de projecto, σ_s		
$d_n \leq 90$ mm, $C = 2,5$	10,0 MPa	EN ISO 1452-1
$d_n \geq 110$ mm, $C = 2,0$	12,5 MPa	
Comportamento ao fogo	Auto extingüível	-

Características Gerais

Aspecto visual

A superfície interna e externa dos tubos e dos acessórios é lisa, limpa e isenta de ranhuras, cavidades, impurezas visíveis ou outros defeitos superficiais, que possam afectar o desempenho dos tubos. As extremidades dos tubos são com corte limpo (isento de rebarbas) e perpendicular ao eixo.

Cor

A parede dos tubos é de cor cinza escuro (tipo RAL 7011) e são permitidas leves variações no aspecto da cor.

Marcação

Os elementos de marcação devem ser impressos ou gravados directamente nos tubos ou estar numa etiqueta, de tal forma que após armazenamento, exposição às intempéries, manuseamento e instalação, devem manter a sua legibilidade.

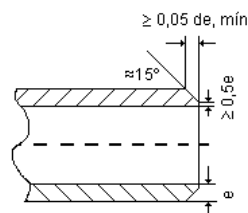
Os tubos devem ser marcados a intervalos de 1 m, no máximo e pelo menos com uma marcação completa por tubo. A marcação mínima requerida para os tubos deve ser conforme aplicável:

AENOR N 001/000533 FERSIL PVC-U d_n x e PNxx EN ISO 1452 W Data + Hora + Lote de produção (OP)

Sistema de união

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W são produzidos por um processo contínuo de extrusão. Os tubos são cortados na linha de produção e fornecidos em comprimentos definidos e com uma embocadura para união com junta autoblocante em borracha (JA) ou com embocadura lisa para colar (TU);

O extremo macho dos tubos ou dos acessórios, apresenta-se chanfrado com um ângulo de inclinação com cerca de 15°. O chanfro deve ser realizado em todo perímetro do tubo, ser uniforme e ter uma largura maior ou igual a 0,05 do diâmetro exterior mínimo



Pormenor do chanfro no extremo macho do tubo

Os tipos de uniões entre tubos, ou entre tubos e/ou acessórios podem ser:

- **União de colar (soldadura química com cola base solvente)** – O extremo macho do tubo ou do acessório é limpo, lixado e desengordurado, de seguida aplica-se um cola base solvente (específica para PVC-U pressão) , é então montado numa embocadura lisa, proporcionando assim uma união estanque. Este tipo de união aguenta esforços axiais.
- **União com junta autoblocante (vedante de borracha)** – Quando o extremo macho do tubo ou do acessório é inserido na embocadura, o vedante de borracha é comprimido, formando assim uma vedação estanque. Este tipo de união não aguenta esforços axiais.



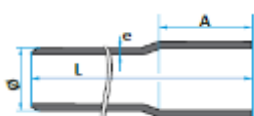
Pormenor da embocadura para colar

Pormenor da embocadura JA

- **Outro tipo de uniões mecânicas** – Colarinhos em PVC-U com flanges de PVC-U ou de aço, uniões de aperto mecânico em PVC-U ou metálicas, outro tipo de uniões multimateriais, juntas travadas ou juntas Gibault para reparações ou montagens especiais. Quase sempre o aperto é assegurado por parafusos e porcas de dimensão e quantidade adequada à classe de pressão pretendida.

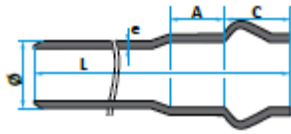
Características Geométricas

As dimensões dos tubos são determinadas de acordo com a Norma EN ISO 3126.



Dimensões dos tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W com embocadura para colar (TU)

MRS 25,0 MPa	Classes de pressão				Comprimento da embocadura	Comprimento total (c/ embocadura)
Coefficiente de projecto C= 2,5	PN 6 SDR 33	PN 10 SDR 21	PN 16 SDR 13,6	PN 20 SDR 11		
\varnothing_{ext} médio (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	A _{médio} (mm)	L (m)
20 +0,2-0	-	-	1,5 +0,4-0	1,9 +0,4-0	16	5 +0.05 -0.03
25 +0,2-0	-	-	1,9 +0,4-0	2,3 +0,5-0	19	5 +0.05 -0.03
32 +0,2-0	-	1,6 +0,4-0	2,4 +0,5-0	2,9 +0,5-0	22	5 +0.05 -0.03
40 +0,2-0	1,5 +0,4-0	1,9 +0,4-0	3,0 +0,5-0	3,7 +0,6-0	26	5 +0.05 -0.03
50 +0,2-0	1,6 +0,4-0	2,4 +0,5-0	3,7 +0,6-0	4,6 +0,7-0	31	5 +0.05 -0.03
63 +0,3-0	2,0 +0,4-0	3,0 +0,5-0	4,7 +0,7-0	-	38	6 +0.06 -0.03
75 +0,3-0	2,3 +0,5-0	3,6 +0,6-0	5,6 +0,8-0	-	44	6 +0.06 -0.03
90 +0,3-0	2,8 +0,5-0	4,3 +0,7-0	6,7 +0,9-0	-	51	6 +0.06 -0.03
Coefficiente de projecto C= 2,0	PN 6 SDR 41	PN 10 SDR 26	PN 16 SDR 17	PN 20 SDR 13,6	Comprimento da embocadura	Comprimento total (c/ embocadura)
\varnothing_{ext} médio (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)		
110 +0,4-0	2,7 +0,5-0	4,2 +0,7-0	6,6 +0,9-0	-	61	6 +0.05 -0.03
125 +0,4-0	3,1 +0,6-0	4,8 +0,7-0	7,4 +1,0-0	-	69	6 +0.05 -0.03
140 +0,5-0	3,5 +0,6-0	5,4 +0,8-0	8,3 +1,1-0	-	79	6 +0.05 -0.03
160 +0,5-0	4,0 +0,6-0	6,2 +0,9-0	9,5 +1,2-0	-	86	6 +0.05 -0.03
200 +0,6-0	4,9 +0,7-0	7,7 +1,0-0	-	-	106	6 +0.05 -0.03
250 +0,8-0	6,2 +0,9-0	9,6 +1,2-0	-	-	131	6 +0.06 -0.03
315 +1,0-0	7,7 +1,0-0	12,1 +1,5-0	-	-	164	6 +0.06 -0.03



Dimensões dos tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W com embocadura de Junta autoblocante (JA)						
MRS 25,0 MPa	Classes de pressão				Comprimento da embocadura	Comprimento total (c/ embocadura)
Coefficiente de projecto C= 2,5	PN 6 SDR 33	PN 10 SDR 21	PN 12,5 SDR 17	PN 16 SDR 13,6		
\varnothing_{ext} médio (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	$A_{médio} + C_{médio}$ (mm)	L (m)
63 +0,3-0	2,0 +0,4-0	3,0 +0,5-0	3,8 +0,6-0	4,7 +0,7-0	90	6 +0.06 -0.03
75 +0,3-0	2,3 +0,5-0	3,6 +0,6-0	4,5 +0,7-0	5,6 +0,8-0	94	6 +0.06 -0.03
90 +0,3-0	2,8 +0,5-0	4,3 +0,7-0	5,4 +0,8-0	6,7 +0,9-0	97	6 +0.06 -0.03
Coefficiente de projecto C= 2,0	PN 6 SDR 41	PN 10 SDR 26	PN 12,5 SDR 21	PN 16 SDR 17	Comprimento da embocadura	Comprimento total (c/ embocadura)
\varnothing_{ext} médio (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)	e (mm)		
110 +0,4-0	2,7 +0,5-0	4,2 +0,7-0	5,3 +0,8-0	6,6 +0,9-0	117	6 +0.05 -0.03
125 +0,4-0	3,1 +0,6-0	4,8 +0,7-0	6,0 +0,8-0	7,4 +1,0-0	125	6 +0.05 -0.03
140 +0,5-0	3,5 +0,6-0	5,4 +0,8-0	6,7 +0,9-0	8,3 +1,1-0	130	6 +0.05 -0.03
160 +0,5-0	4,0 +0,6-0	6,2 +0,9-0	7,7 +1,0-0	9,5 +1,2-0	138	6 +0.05 -0.03
200 +0,6-0	4,9 +0,7-0	7,7 +1,0-0	9,6 +1,2-0	11,9 +1,4-0	147	6 +0.05 -0.03
250 +0,8-0	6,2 +0,9-0	9,6 +1,2-0	11,9 +1,4-0	14,8 +1,7-0	156	6 +0.06 -0.03
315 +1,0-0	7,7 +1,0-0	12,1 +1,5-0	15,0 +1,7-0	-	183	6 +0.06 -0.03

Características mecânicas e físicas

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W estão dimensionados para pressões máximas de serviço, PFA, de 6 bar \approx 0,6 MPa, ou 10 bar \approx 1,0 MPa, ou 12,5 bar \approx 1,25 MPa, ou 16 bar \approx 1,6 MPa, ou 20 bar \approx 2,0 MPa, na condução de fluidos até à temperatura de 25 °C.

A resistência mecânica do material constituinte dos tubos, diminui com o aumento da temperatura. Sempre que os fluidos a transportar, circulem a temperaturas superiores, poderá tomar-se, como regra prática uma diminuição de 2 % em pressão, por cada °C que exceda os 25 °C, ou consultar o nosso departamento técnico.

Características mecânicas dos tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W		
Característica	Valor	Método de ensaio
Resistência ao impacto (método do relógio) (ar, 0°C, $e \leq 14,9$ mm, massa/altura de queda por d_n)	TIR ≤ 10 %	EN ISO 3127 (substitui a EN 744)
Resistência à pressão interna – Curta duração (água em água, 20 °C, σ 42 MPa)	≥ 1 h, sem falha durante o ensaio	ISO 1167-1
Resistência à pressão interna – Longa duração (água em água, 60 °C, σ 12,5 MPa)	≥ 1000 h, sem falha durante o ensaio	ISO 1167-1
Resistência à pressão interna da união – Curta duração (água em água, 20 °C, 4,2xPN $d_n \leq 90$ mm ou 3,36xPN $d_n \geq 110$ mm)	≥ 1 h, sem falha durante o ensaio	ISO 1167-1

Os tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W têm excelentes propriedades físicas que lhes confere uma boa flexibilidade no manuseamento, instalação e uso em redes de água fria com pressão.

Características físicas dos tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W		
Característica	Valor	Método de ensaio
Deformação longitudinal a quente (150 °C, 60 min)	≤ 5 %	ISO 2505 método B
Temperatura de amolecimento de Vicat (VST)	≥ 80 °C	ISO 2507-1 (substitui a EN 727)
Resistência à tracção		
Tensão máxima	≥ 45 MPa	ISO 6259-1 e ISO 6259-2
Alongamento à rotura	≥ 80 %	
Opacidade – Transmissão da luz visível através da parede (destinado ao transporte de água em instalações aéreas)	≤ 0,2 %	ISO 7686

Características químicas

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W oferecem um bom comportamento quando expostos à maioria dos produtos químicos usados nas estações de captação e de tratamento de água (ETA) (um grande número de produtos químicos, incluindo a maioria dos álcalis e ácidos), assim como os produtos químicos presentes na maioria dos tipos de solo ou estruturas de betão em que sistema de tubos é instalado.

A resistência química depende das condições de serviço, tais como a temperatura, a pressão e as cargas estáticas e dinâmicas aplicadas em cima do sistema de tubos. Para informações mais detalhadas, consulte a tabela FERSIL de resistência química ou consulte o relatório técnico ISO / TR 10358.

Efeito do material na qualidade da água

Os tubos e acessórios PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, incluindo os vedantes de borracha (junta autoblocante), os adesivos (colas de solvente) e os lubrificantes (massa de silicone e vaselina industrial), quando em contacto com água destinada ao consumo humano, não devem afectar adversamente a qualidade da água.

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, cumprem os requisitos do Despacho 19563/2006 de 25 de Setembro, do Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, no que respeita à certificação de produto complementada com a ausência de efeitos adversos na qualidade da água para consumo humano. Periodicamente são efectuados ensaiados de migração de acordo com a norma EN 12873-2 cujos resultados cumprem com os requisitos estabelecidos na Directiva da água potável (em Portugal o decreto de lei DL 306/2007 modificado pelo DL 152/2017 e em Espanha o real decreto RD 140/2003 modificado pelo RD 314/2016).

Requisitos de desempenho

As uniões entre os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W têm excelente comportamento e resistência, sendo a estanquidade assegurada por uniões coladas (soldadura química com colas base solvente) ou com juntas autoblocantes compostas por anéis de borracha.

Outros tipos de uniões, como colarinhos de PVC-U com flanges de PVC-U ou de aço, uniões de aperto mecânico em PVC-U ou metálicas, outro tipo de uniões multimateriais, juntas travadas ou juntas Gibault para reparações e montagens especiais, devem suportar a resistência à pressão hidrostática e a estanquidade, e por isso devem ser ensaiados de acordo com os requisitos funcionais de aptidão ao uso estabelecidos na EN 1452-5.

Requisitos funcionais das uniões dos tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W com junta autoblocante		
Característica	Valor	Método de ensaio
Estanquidade à pressão interna a curto prazo (15 a 25 °C, desvio angular 2 °, 100 min)	Sem fugas durante o ensaio em nenhum ponto na zona da união	ISO 13845
Estanquidade à pressão de ar negativa a curto prazo (15 a 25 °C, desvio angular 2 °, deformação 5 %, 15 + 15 min)	A variação da pressão negativa ≤ 0,05 bar durante os dois tempos	ISO 13844
Estanquidade à pressão interna a longo prazo (água em água, 20 °C, 1,7xPN $d_n \leq 90$ mm ou 1,65xPN $d_n \geq 110$ mm) (água em água, 40 °C, 1,3xPN $d_n \leq 90$ mm ou 1,3xPN $d_n \geq 110$ mm)	≥ 1000 h, sem fugas durante o ensaio em nenhum ponto na zona da união	ISO 13846

Requisitos funcionais das uniões dos tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W com embocadura para colar		
Característica	Valor	Método de ensaio
Estanquidade à pressão interna a longo prazo (água em água, 20 °C, 1,7xPN $d_n \leq 90$ mm ou 1,65xPN $d_n \geq 110$ mm) (água em água, 40 °C, 1,3xPN $d_n \leq 90$ mm ou 1,3xPN $d_n \geq 110$ mm)	≥ 1000 h, sem fugas durante o ensaio em nenhum ponto na zona da união	ISO 13846

Embalagem

Os tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W com 5m e 6m de comprimento são embalados em paletes com 2 ou 3 aros de madeira seguros com cintas de plástico, para melhor armazenamento e transporte em camião.

Embalagem dos tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W				
d_n (mm)	Tubos/atado (qt)	Tubos/paleta (qt)	Comprimento total por paleta (tubos com 5 m) (m)	Comprimento total por paleta (tubos com 6 m) (m)
20	20	1.440	7.200	-
		2.200	-	13.200
25	20	540	2.700	3.240
		1.440	7.200	8.460
32	10	360	1.800	2.160
40	10	280	1.400	1.680
50	10	230	1.150	1.380
63	-	175	875	1.050
75	-	145	-	870
90	-	115	-	690
110	-	76	-	456
125	-	51	-	306
140	-	35	-	210
160	-	30	-	180
200	-	15	-	90
250	-	11	-	66
315	-	5	-	30

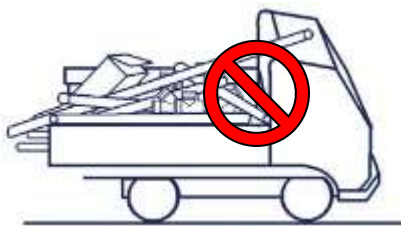
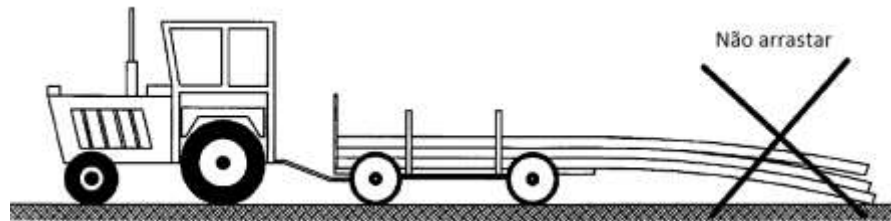
Transporte, manuseamento e armazenamento

No transporte de tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, os veículos deverão apresentar os estrados lisos e isentos de pregos e outras saliências. O veículo deverá estar equipado com suportes laterais espaçados entre si de cerca de 2m. Todos os suportes deverão ser lisos sem arestas salientes.

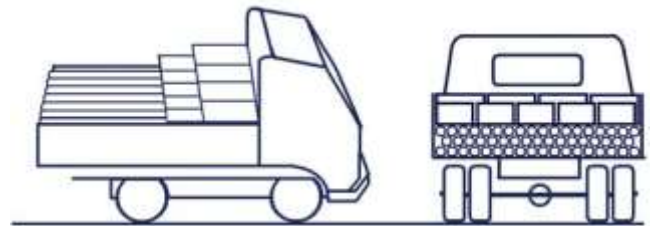
Quando o comprimento dos tubos ultrapassar o do veículo, a parte suspensa não deverá exceder 1m.

Os tubos mais pesados e com maior Classe deverão ser colocados por baixo dos de menor Classe.

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, quando manuseados individualmente, devem ser baixados, erguidos e transportados de forma controlada sem serem arremessados ou arrastados.



Maneira incorrecta de carregar tubos e acessórios para transporte



Maneira correcta de carregar tubos e acessórios para transporte



Maneira incorrecta de descarga de tubos e acessórios



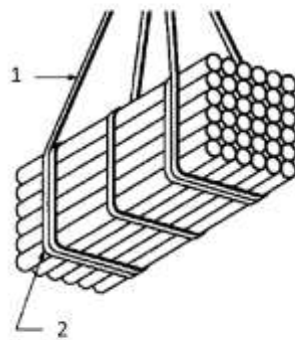
Maneira correcta de descarga de tubos e acessórios

O manuseamento de atados ou de paletes requer o uso de equipamento mecânico apropriado (ex. empilhador). A técnica escolhida não deverá causar qualquer dano nos tubos.

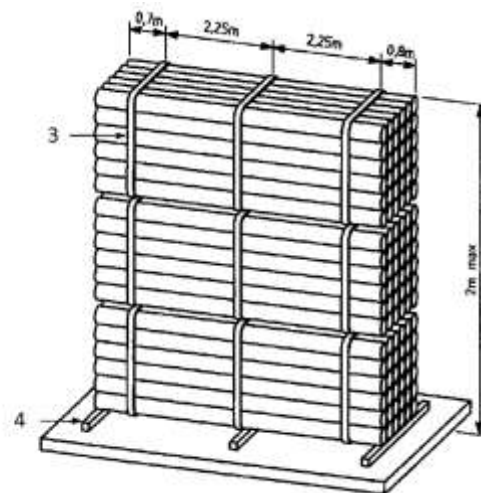
Embora os tubos de PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W sejam duráveis, o seu manuseamento é muito fácil devido à sua leveza. Devem ser tomadas as precauções adequadas durante o manuseamento e armazenamento para garantir que os tubos não sejam danificados.

Não esquecer que a resistência ao impacto dos tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W é reduzida a baixas temperaturas e por isso deve-se ter atenção no seu manuseamento a temperaturas inferiores a 0°C.

Se o tubo tiver sido telescopado (encaixado dentro de outro tubo) para transporte, os tubos interiores deverão ser sempre removidos primeiro e acondicionados separadamente.



Elevação por grua de uma paleta de tubo



Método recomendado para armazenar paletes de tubo

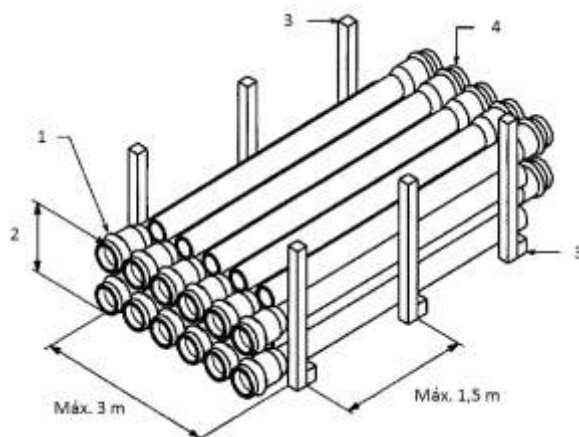
Legenda:

1. Correias não metálicas
2. Correias por fora do aro de madeira
3. Aro de madeira com ripas seguras com uma cinta plástica
4. Suporte adicional com barrotes de madeira

Os tubos de PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W devem ser acondicionados numa superfície suficientemente lisa e isenta de objectos cortantes, pedras ou saliências de forma a evitar deformações ou defeitos que poderiam tornar-se permanentes.

Os suportes laterais das paletes deverão ser colocados a intervalos máximos de 1,5 m.

Os tubos devem ser suportados em todo o seu comprimento. Tubos de diferentes diâmetros e espessuras deverão ser armazenados separadamente. No caso de isto não ser possível, os de maior diâmetro e espessura deverão ser colocados no fundo.



Armazenamento de tubos com embocadura em paleta

Legenda:

1. Fiadas alternadas de tubos com embocadura e extremo macho
2. Altura máxima de 7 fiadas ou 1,5 m
3. Postes e travessas robustas de madeira
4. Tubos de espessura de parede grossa empilhados na parte inferior e tubos de espessura de parede fina empilhados na parte superior.



Armazenamento de tubos com embocadura em pilha

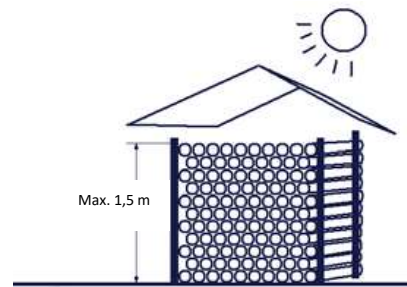
Quando se acondicionam tubos com uma das extremidades moldada para união por anel de estanquidade, as embocaduras deverão ser colocadas alternadamente na palete e suficientemente projectadas para o exterior, para que os tubos estejam correctamente suportados ao longo de todo o comprimento.

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W deverão ser armazenados ao abrigo de fontes de calor e não deverão contactar com produtos potencialmente perigosos como gasóleo, tintas ou solventes.

A exposição prolongada à radiação ultravioleta (luz solar) pode causar uma descoloração e reduzir a resistência ao impacto dos tubos, contudo não á perdas quer na resistência à pressão interna quer na rigidez circunferencial.



Maneira incorrecta de armazenar tubos no exterior por longos períodos



Maneira correcta de armazenar tubos no exterior por longos períodos

Recomendações na instalação dos tubos

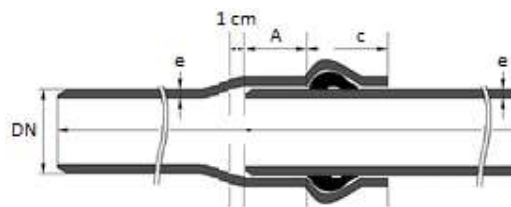
A instalação dos tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, deve respeitar o estipulado no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água, sob pena do seu desrespeito poder conduzir a anomalias no funcionamento da canalização.

Recomendações na execução de uniões com junta autoblocante (tipo JA)

As embocaduras com junta autoblocante são parte integrante do tubo ou do acessório.

O perfil da junta elástica (o-ring de pressão) e da embocadura constituem desenhos específicos da FERSIL, pelo que não deverão ser substituídos por outros.

No caso das juntas serem fornecidos separadamente, a cavidade deve ser limpa (remoção os objectos estranhos) e a junta deve ser montada na posição correcta.



Pormenor de uma união com junta autoblocante (JA)

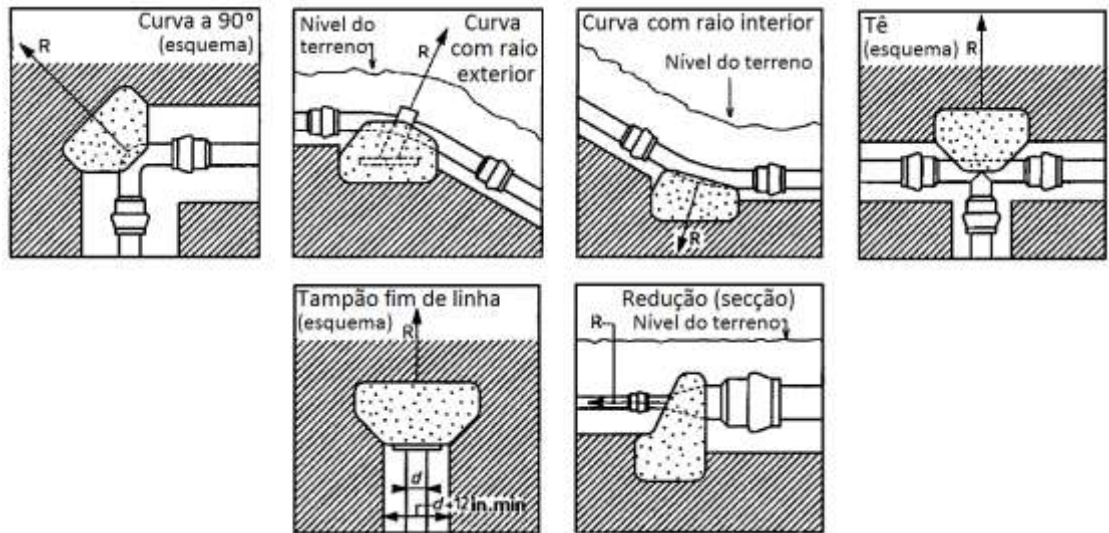
A execução correcta desta união requer que o extremo macho do tubo esteja chanfrado e lubrificado antes da inserção na embocadura. O lubrificante deve também ser aplicado ao anel de borracha, após este estar perfeitamente ajustado na cavidade.

Nota: Para maior garantia de estanquidade e durabilidade das uniões, a FERSIL recomenda na montagem das uniões JA que apenas seja usada massa lubrificante tipo silicone ou vaselina industrial adequada para o-rings de borracha.

Neste tipo de união, o elemento macho não deve ser introduzido completamente na campânula do outro elemento; o seu extremo deve distanciar 1cm (normalmente 1cm por cada 6 m de tubo é suficiente para prevenir

contrações/dilatações causadas pelo gradiente de temperatura da água). Para isso é necessário, antes da montagem definitiva, referenciar-se por meio de um traço a lápis a inserção pretendida.

Como as uniões por junta elástica não sustentam esforços axiais, deve ser dada atenção especial ao projecto dos blocos de ancoragem e à sua localização no sistema de tubagem. Os blocos de ancoragem devem ser projectados para sustermem o esforço máximo desenvolvido em virtude da pressão interna de serviço e de ensaio.

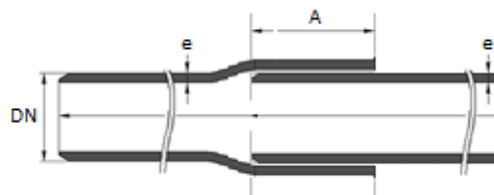


Exemplos da disposição de blocos de ancoragem

Recomendações na execução de uniões coladas (soldadura química com colas base solvente)

Este tipo de embocaduras à semelhança das anteriores também são parte integrante do tubo ou do acessório.

A fim de se conhecer a extensão das superfícies a colar, introduz-se completamente o elemento macho, já chanfrado, na campânula do outro elemento; marca-se na sua superfície exterior, com um lápis e não com qualquer elemento cortante, um traço referência.



Pormenor de uma união colada (soldadura química com colas base solvente)

As superfícies a colar devem ser previamente limpas, secas e libertas de gorduras, pelo que se aconselha o uso do decapante. Após a secagem do decapante, aplica-se a cola em camada fina no sentido longitudinal, sobre toda a superfície a colar do elemento macho e à entrada da embocadura.

Nota: A aplicação da cola deve ser efectuada de forma rápida. Para diâmetros superiores a 110mm, recomenda-se que a operação seja efectuada por duas pessoas, para que a cola seja aplicada simultaneamente nas duas superfícies

Sem torções, adaptam-se os dois elementos, até que a extremidade da campânula se ajuste ao traço de referência previamente marcado. Deve retirar-se o excesso de cola eventualmente presente na junta exterior, logo após a execução da união.

As colas e os decapantes utilizados são inflamáveis, pelo que o acto de fumar deve ser proibido na área onde os materiais estão a ser manuseados. A cola deve ter a viscosidade adequada, não devendo no entanto ser diluída.

Nota: Para maior garantia de estanquidade e durabilidade das uniões, a FERSIL recomenda apenas o uso de colas de solvente adequadas para PVC e que cumpram a norma harmonizada para a marcação CE, EN 14814.

As uniões tornam-se resistentes à pressão algum tempo após a colagem. Deixar passar 24 horas, antes de efectuar o ensaio de pressão recomendado para validar a estanquidade da montagem.

Recomendação na execução em obra de curvaturas a frio

É permitido que os tubos sejam instalados sem ser em linha recta, mediante uma das seguintes técnicas:

- através de um pequeno desvio angular na união (apenas para uniões por junta elástica). Para evitar que a eficiência da junta elástica não é comprometida, limita-se o desvio angular a um máximo de 1 °;
- pela gradual curvatura em toda o comprimento do tubo.

Para curvaturas executadas a frio, o raio de curvatura, até ao diâmetro 160 mm não deve ser inferior a 300 vezes o diâmetro exterior do tubo (ver figura). Tubos de diâmetro superior a 160 mm devem ser considerados como totalmente rígidos e não devem ser sujeitos a esta operação. As curvaturas a frio não devem ser efectuadas a temperaturas inferiores a 5 °C.

\varnothing = Diâmetro exterior, OD, máximo do tubo

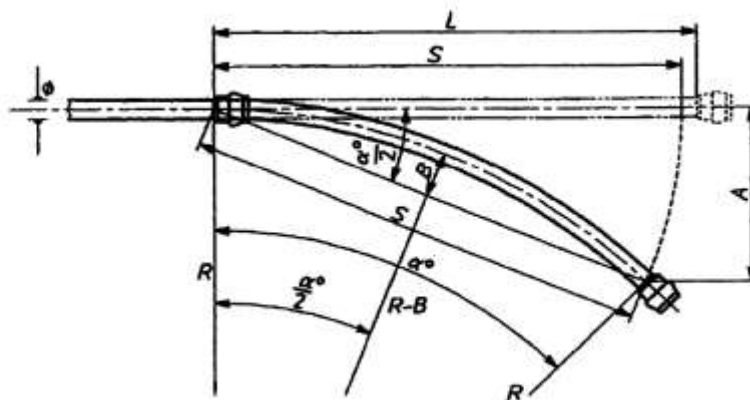
$R = 200 \varnothing$

$\alpha^\circ = \frac{180L}{\pi R}$

$S = 2R \times \text{sen} \frac{\alpha^\circ}{2}$

$A = S \times \text{sen} \frac{\alpha^\circ}{2}$

$B = R - R \times \cos \frac{\alpha^\circ}{2}$



Esquema com as dimensões requeridas para curvaturas a frio

Raio mínimo de curvatura, R, para tubos PVC-U pressão cinza escuro EN ISO 1452 W curvados em obra				
\varnothing_{ext} (mm)	Raio mínimo de curvatura R (m)	Ângulo $\alpha/2$ (°)	Corda S (m)	Flecha A (m)
63	12,6	13,64	5,94	1,40
75	15,0	11,50	5,98	1,19
90	18,0	9,55	5,97	0,99
110	22,0	7,81	5,98	0,81
125	25,0	6,87	5,98	0,72
160	32,0	5,37	5,99	0,56

Nota: Os valores de S e A, apenas se aplicam para tubos com comprimento de 6 m.

Recomendação para condutas enterradas

É boa prática colocar os tubos com a extremidade macho inserida na campânula na mesma direcção do fluxo.

As superfícies internas do tubo devem ser mantidas o mais limpo possível durante as operações de instalação.

O comportamento de uma conduta sujeita a cargas, depende de se ela é flexível, semi-rígida ou rígida (veja-se a norma EN 476).

Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W são considerados flexíveis, pelo que quando são sujeitos a cargas verticais no solo, o tubo vai sofrer uma deflexão sem ruptura, pressionando o material envolvente ao tubo (enchimento). Isto vai provocar a reacção do material envolvente que vai controlar a deflexão. O valor da deflexão é limitado pela selecção dos materiais usados no leito de assentamento e na cama de apoio da conduta e da forma da execução da instalação.

O nível de deflexão atingido por uma conduta enterrada depende em grande parte das propriedades do material envolvente e da rigidez circunferencial do tubo, mas não das suas propriedades de resistência hidrostática. Pelo que para os tubos flexíveis, não são apropriados os ensaios e dimensionamentos feitos com procedimentos de resistência à compressão aplicáveis aos tubos rígidos (betão e ferro ou aço).

Rigidez circunferencial inicial S_{calc} , calculada, para tubos PVC-U pressão cor tijolo EN ISO 1452 P							
	Séries de tubo						
	SDR 41 S 20	SDR 33 S 16	SDR 26 S 12,5	SDR 21 S 10	SDR 17 S 8	SDR 13,6 S 6,3	SDR 11 S 5
Pressão nominal							
Para DN ≤ 90	-	PN6	(PN8)	PN10	(PN12,5)	PN16	PN20
Para DN ≥ 110	PN6	(PN8)	PN10	(PN 12,5)	PN16	(PN20)	(PN25)
Rigidez circunferencial calculada, em kN/m^2 (S_{calc})	4,2	8,1	17,1	33,3	65,1	133,3	266,7
Rigidez circunferencial nominal (SN)	SN 4	SN 8	SN 16	SN 32	SN 64	-	-

A rigidez circunferencial inicial S_{calc} foi calculada usando a seguinte equação:

$$S_{calc} = \frac{E \times I}{(d_e - e_n)^3} = \frac{E}{96[S]^3}$$

Em que:

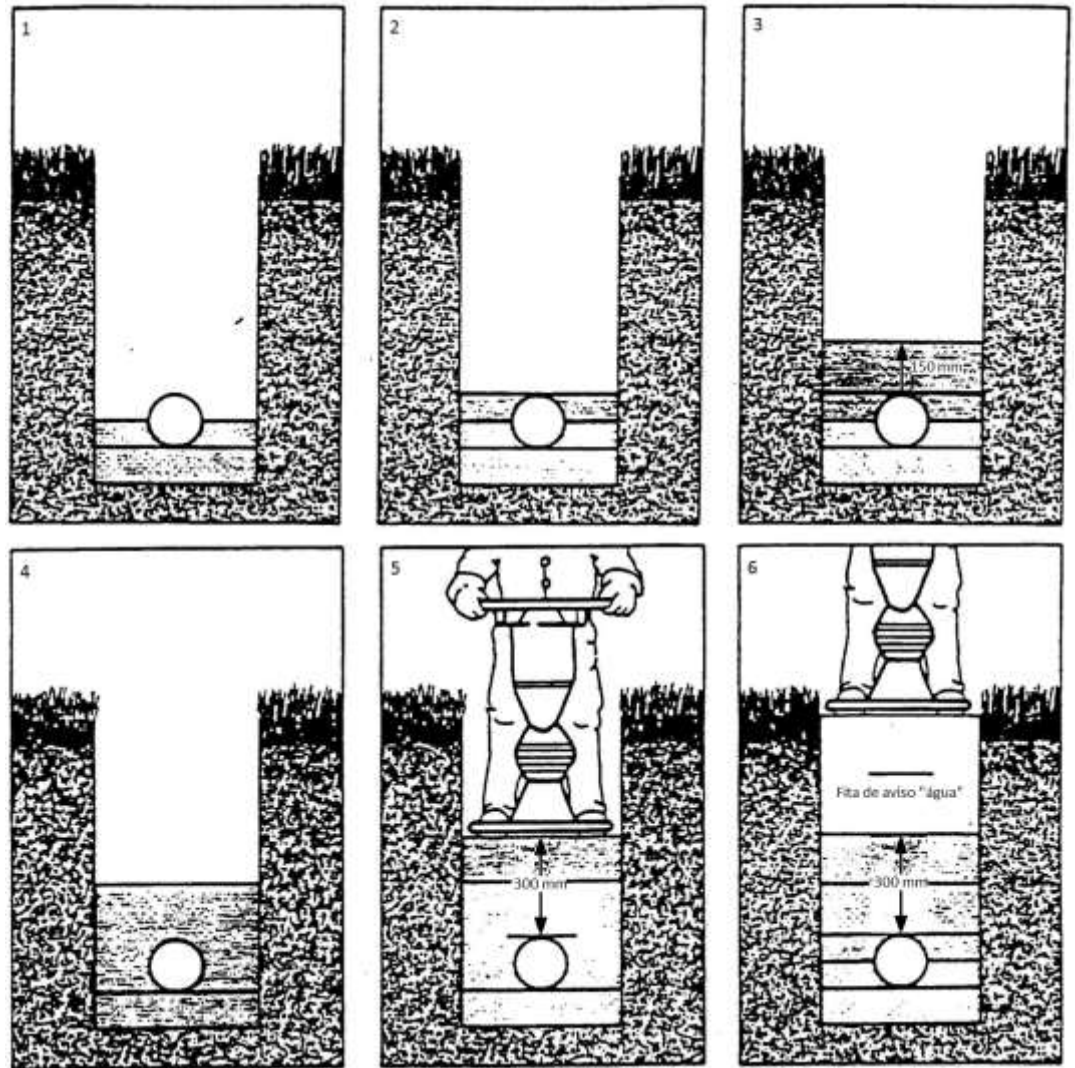
- S_{calc} é a rigidez circunferencial inicial calculada, em kN/m^2
- E é o módulo de elasticidade em flexão, com um valor de $3,2 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
- I é o momento de inércia, em mm^3 , com $\frac{1 \times e_n^3}{12}$ para 1 m de comprimento de tubo
- d_e é o diâmetro exterior nominal, em mm
- e_n é a espessura nominal de parede, em mm
- S é a série dimensional do tubo

Nota: Na prática, a rigidez circunferencial inicial é sempre maior do que a calculada, pois a espessura média da parede é maior que a espessura nominal usada no cálculo.

A espessura mínima da camada de terra para tubos enterrados é de 0,8 m (consultar o DR 23/95) e deve no mínimo ser superior a 2x diâmetro do tubo.

Os tubos deverão estar enterrados a uma profundidade que evite temperaturas negativas, pelo que a espessura da camada de terra poderá ter que ser superior ao mínimo recomendado.

A figura que se segue apresenta os cuidados de assentamento dos tubos no interior das valas.



Legenda:

1. Formar o leito com areia fina ou saibro, isentos de pedras. Encher normalmente até metade do diâmetro do tubo e compactar.
2. Encher como em 1 até envolver completamente o tubo.
3. Continuar o enchimento com o mesmo material até cobrir a tubagem com uma camada de espessura de 15 cm. A partir daqui o enchimento pode ser colocado e compactado mecanicamente, desde que não seja por cima do tubo.
4. O enchimento a partir dos 15 cm pode ser do material da própria escavação em camadas compactadas de 10 cm de espessura.
5. A compactação mecânica é aconselhada quando a camada de enchimento sobre o tubo atinja os 30 cm.
6. O restante enchimento será colocado e compactado em camadas dependendo do acabamento superficial que se deseje. Recomenda-se a colocação de uma fita azul de aviso da existência de uma conduta de água.

Cuidados de assentamento do tubo no interior de vala

A espessura mínima da camada de terra para tubos enterrados é de 0,8 m (consultar o DR 23/95) e deve no mínimo ser superior a 2x diâmetro do tubo. Os tubos deverão estar enterrados a uma profundidade que evite temperaturas negativas, pelo que a espessura da camada de terra poderá ter que ser superior ao mínimo.

A distância horizontal entre a tubagem e fundações ou outras instalações subterrâneas não deverá ser inferior a 0,40m em circunstâncias normais. Quando existe proximidade lateral ou quando o sistema de tubagem se orienta paralelamente a outras tubagens ou cabos, a distância mínima entre eles não deverá ser inferior a 0,40m. Em pontos de congestionamento, deve ser mantida uma distância de 0,2m, a menos que tenham sido construídos degraus para evitar o contacto directo. A construção destes degraus poderá ter que ser acordada com as autoridades competentes.

Quando um tubo flexível é instalado em vala, ele inicialmente sofre uma deformação diametral como resultado das cargas a que fica sujeito. Esta deformação inicial tenderá a evoluir lentamente até atingir um equilíbrio da interface solo/tubo dentro de um período de tempo razoável (normalmente a estabilização do terreno é atingida antes dos 2 anos após instalação).

Para os tubos PVC-U pressão cinza escuro de pressão de PVC-U usados em aplicações de fluxo de gravidade (o caso mais desfavorável, pois, como não há pressão, o tubo trabalha parcialmente vazio e deve permanecer sozinho com as cargas exercidas sobre a conduta), o valor limite de deflexão deve ser menor que 5%. Com as boas práticas na instalação, os valores da deflexão inicial são entre 1% a 2%. Para grandes sobrecargas, é importante usar tubos da classe de rigidez apropriada para garantir que a deflexão do tubo seja mantida dentro do limite máximo. A deflexão será afectada pela operação do sistema, os sistemas continuamente sujeitos à pressão interna deformam-se menos do que aqueles deixados sem pressão por longos períodos de tempo.

Os tubos nunca devem ser revestidos com cimento, pois transformam o tubo com alguma flexibilidade numa estrutura rígida susceptível à fractura (em caso de flexão ou um movimento do solo).

Recomendações em instalações aéreas

Na instalação de condutas acima do solo deve-se ter em conta a resistência do material de PVC-U à exposição solar (raios UV). Apenas as formulações estabilizadas com aditivos anti UV (normalmente PVC-U de cor branca) permitem uma instalação com exposição directa às intempéries. Os tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, não aguentam a exposição solar, pelo que quando são instalados acima do solo deve-se assegurar que os mesmos são protegidos com um coberto ou revestidos com uma tinta ou outro material adequado para PVC e para aguentar a exposição solar.

Como as uniões com junta autoblocante não suportam tensões axiais, deve se ter em atenção ao projecto dos sistemas de ancoragem (com braçadeiras ou barras de metal ou blocos de cimento) assim como a sua localização no sistema de tubagem. Os métodos de ancoragem devem ser projectados para suportar a tensão máxima devido à pressão interna (gerada pelos ensaios hidráulicos e pelo funcionamento da rede) ou a folga máxima devido à expansão térmica para evitar fugas nas uniões.

Uma vez que as uniões por colagem aguentam os esforços axiais causados pela pressão interna e pela expansão térmica, recomenda-se fortemente que este sistema de união seja usado de forma preferencial em condutas aéreas.

Os tubos de PVC-U podem fissurar se o fluido contido no seu interior congelar, pelo que devem ser tomadas precauções especiais nos troços onde a conduta fica exposta a baixas temperaturas ($\leq 0^{\circ}\text{C}$).

O coeficiente de expansão linear do PVC-U é aproximadamente 60×10^{-6} (mm/m)/ $^{\circ}\text{C}$.

A seguinte equação é usada para calcular a variação dimensional:

$$\Delta L = 0,06L * \Delta T$$

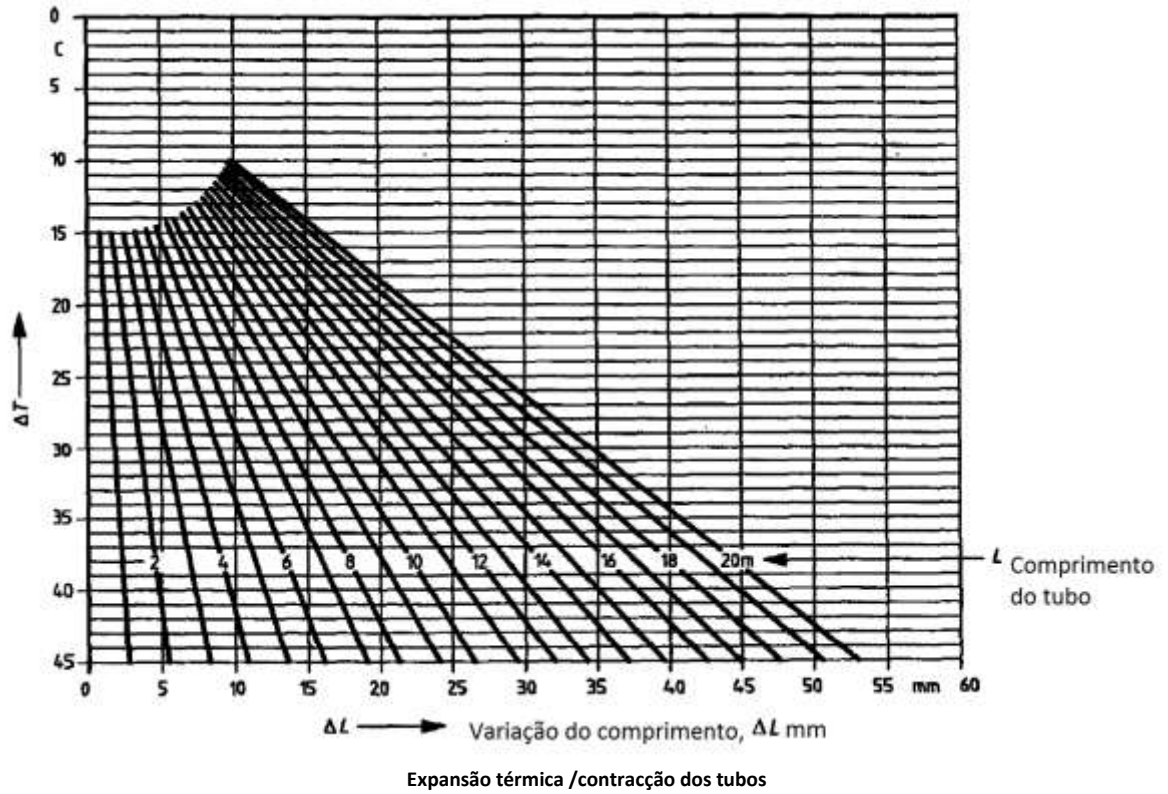
onde:

ΔL = variação do comprimento, em milímetros;

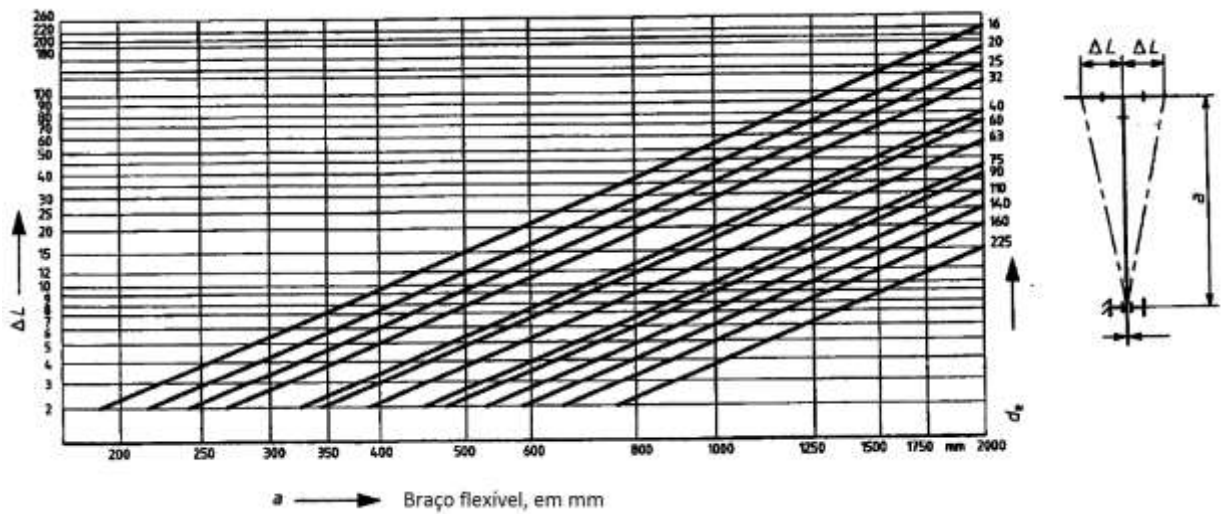
L = comprimento inicial, em metros;

ΔT = variação da temperatura na parede do tubo, em graus Celsius.

Quando a temperatura ambiente é razoavelmente constante, a variação da temperatura da parede do tubo pode ser considerada igual à variação da temperatura do fluido.

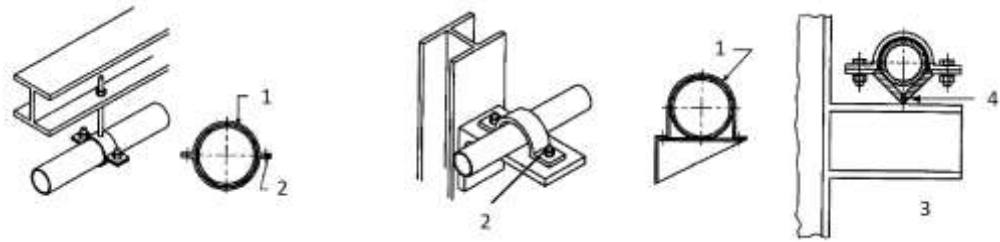


O comprimento mínimo livre do tubo, braço a, requerido para absorver o movimento causado pela expansão/contração é apresentado na seguinte figura.



Os tubos e as uniões de PVC-U devem ser instalados a uma distância suficiente de objectos quentes para evitar deformações causadas pelo calor radiante.

Como regra geral, os tubos de PVC-U não devem ser fixados ao longo do seu trajecto, com correias ou grampos de materiais rígidos. Quando estes meios são usados, recomenda-se sempre a colocação de um material compressível (ex. borracha) entre o tubo e o suporte.



Legenda:

- 1. Membrana de borracha compressível
- 2. Aperto com dedos/mão ½ volta
- 3. Suporte contínuo
- 4. Orifício de drenagem

Nota: Se o movimento for acomodado, a membrana é omissa e é deixado um pequeno espaço entre o tubo e o suporte.

Exemplos de detalhes de suportes de tubos em instalações aéreas

Existem vários métodos para instalar tubos no plano horizontal ou vertical em aplicações aéreas. Em todos eles deve-se ter em consideração:

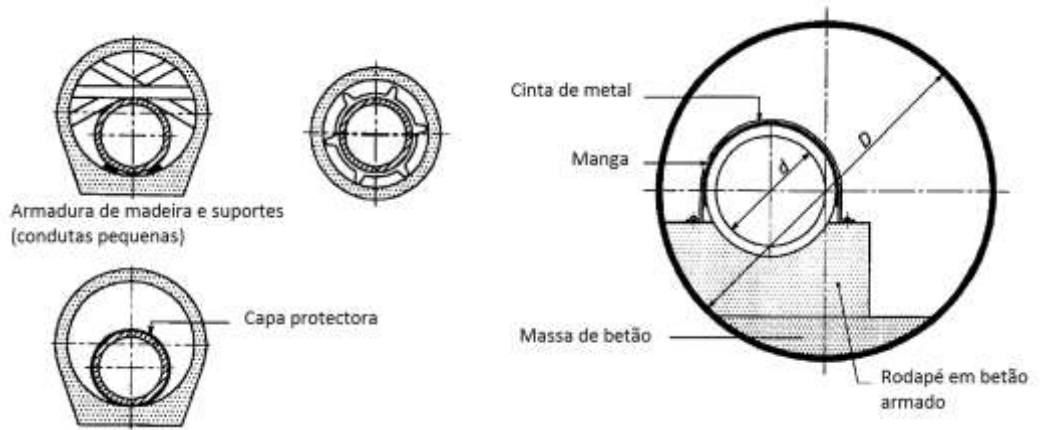
- os tubos devem poder mover-se livremente no sentido longitudinal em virtude da expansão/contracção sofrida, sem contudo desencaixar e/ou perder a estanquidade;
- não devem ser excedidas as distâncias entre suportes verticais e horizontais para sistemas que funcionem até 45 °C.

Distância entre suportes dos tubos PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, com água a diferentes temperaturas

d _n (mm)	Posição horizontal dos tubos						Posição vertical dos tubos
	20 °C (mm)	25 °C (mm)	30 °C (mm)	35 °C (mm)	40 °C (mm)	45 °C (mm)	20 °C a 45 °C (mm)
20	850	770	700	600	500	---	900
25	900	820	750	650	550	500	1.000
32	1.000	920	850	750	650	570	1.200
40	1.100	1.050	1.000	900	800	700	1.400
50	1.250	1.200	1.150	1.050	950	820	1.600
63	1.400	1.350	1.300	1.200	1.100	970	1.800
75	1.500	1.450	1.400	1.300	1.200	1.070	2.000
90	1.650	1.600	1.550	1.450	1.350	1.200	2.200
110	1.850	1.800	1.750	1.650	1.550	1.370	2.400
140	2.150	2.100	2.050	1.950	1.850	1.720	2.500
160	2.250	2.200	2.150	2.070	2.000	1.850	2.500
200	2.500	2.450	2.400	2.320	2.250	2.120	2.500

Recomendações em instalações dentro de condutas

Sempre que possível, apenas devem ser usados tubos com sistemas de união que aguentem o efeito de fundo (ex. uniões coladas) na instalação dentro de condutas inacessíveis. Além disso devem ser montados ao longo do tubo os anéis de centralização, para fornecer um suporte ideal e facilitar a retirada do tubo em caso de ruptura. Também podem ser usados outros métodos de fixação do tubo.



Detalhes típicos para tubos instalados em condutas

Propriedades hidráulicas de projecto

O próximo gráfico inclui o diagrama de perda de carga por atrito para tubos de PVC-U calculado pelo método de L-E Janson de acordo com Colebrook. Para diâmetros internos de até 200 mm $k = 0,02$ mm e para diâmetros maiores $k = 0,05$ mm. Considera-se a temperatura da água ± 10 °C.

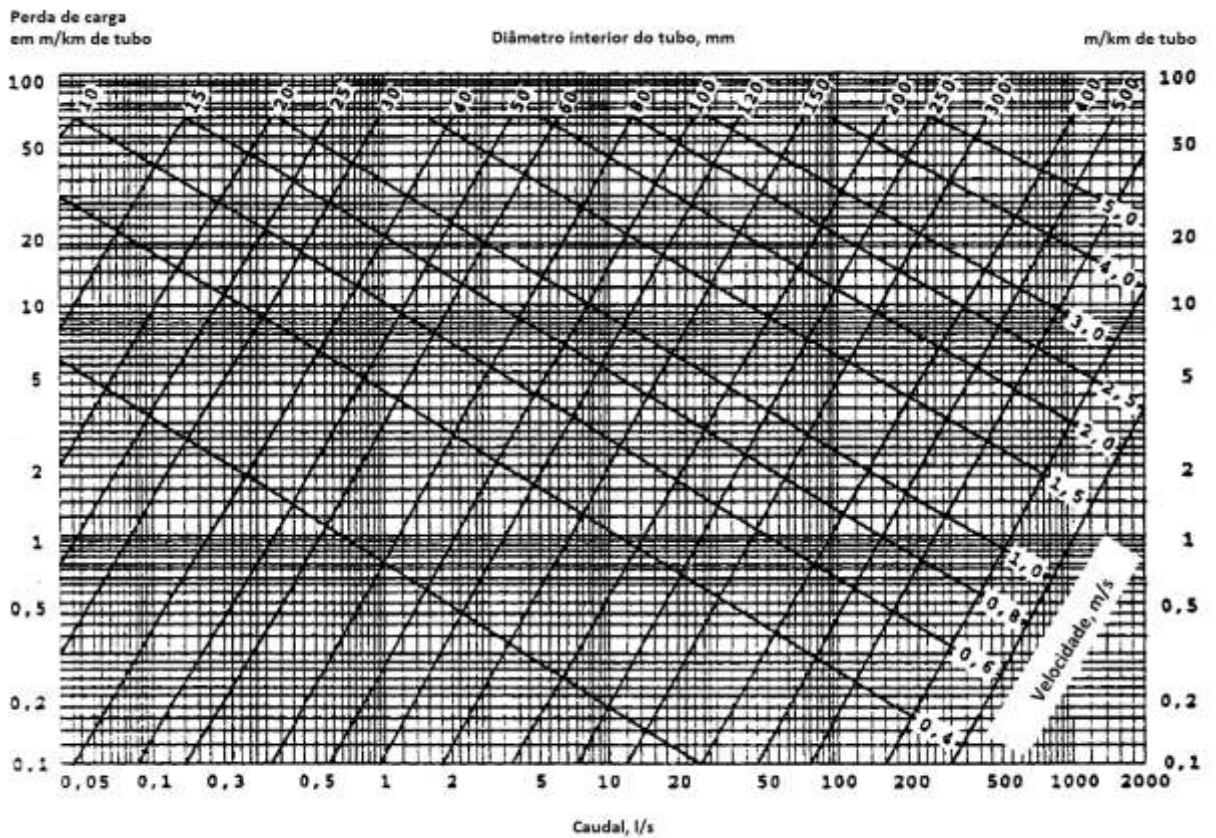


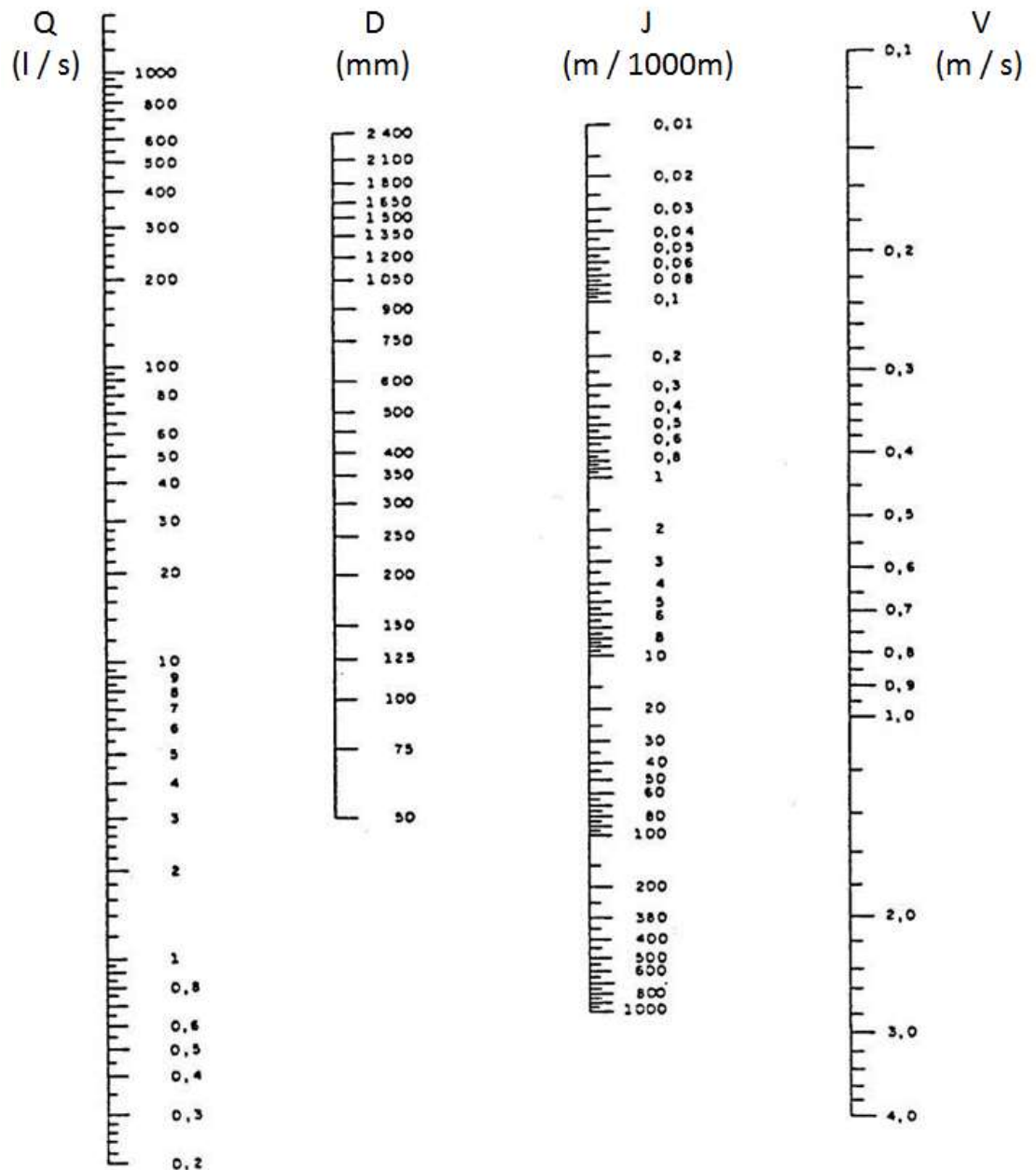
Diagrama das perdas de carga em tubos

A determinação de perdas de carga em tubos de PVC-U (rígidos), é baseada na fórmula de Williams-Hazen:

$$Q = 0,278531 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,51}$$

- onde:
- J perda de carga (m/1000m)
 - Q caudal (l/s)
 - D diâmetro interno do tubo (mm)
 - C é uma constante que depende do diâmetro do tubo:
 - 125, para PVC-U d_n até 50 mm;
 - 135, para PVC-U d_n de 75 mm até 110 mm;
 - 140, para PVC-U d_n maior que 110 mm.

O próximo ábaco é baseado na fórmula de Williams-Hazen, para C = 100. Para valores de C ≠ 100, multiplicar a perda de carga pelo valor K correspondente.

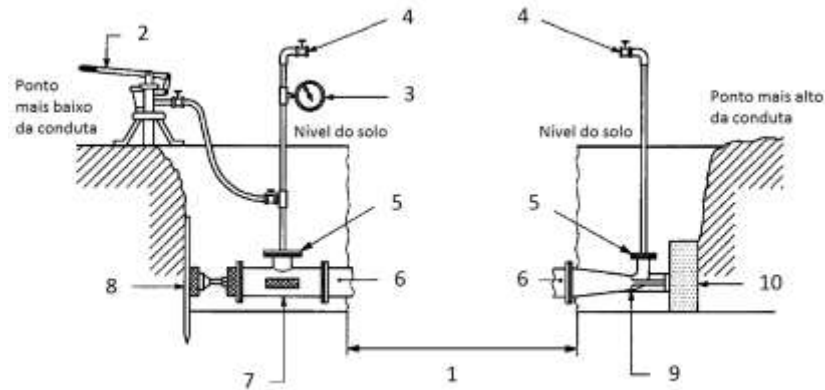


C	40	60	80	90	100	110	120	130	140
K	5,46	2,58	1,51	1,22	1,00	0,838	0,713	0,615	0,538

Ábaco para calcular perdas de carga em tubos de PVC-U

Teste de pressão em obra para validação da estanquidade

Os sistemas de tubagem PVC-U pressão cinza-escuro EN ISO 1452 W, devem ser testados em comprimentos e condições apropriadas, seguindo o procedimento estipulado na secção 11 da norma EN 805. Tubagens com comprimentos superiores a 800m poderão ser testados por secções, o comprimento indicado para o ensaio de pressão interna é entre os 300m e os 500m.



Legenda:

- | | |
|--|---|
| 1. Secção de tubo submetida a ensaio | 6. Adaptador de flanges para a dimensão e terminal da canalização sob pressão |
| 2. Pressurização manual através de bomba | 7. Tubo de ensaio que utiliza um Tê flangeado com transporte lateral |
| 3. Mostrador grande do manómetro de pressão Bundenburg, por cima do nível do solo | 8. Ancoragem adequada sobre a área de apoio. A carga é transferida por macacos hidráulicos e madeira dura |
| 4. Válvula para purga do ar e ponto de amostragem ou descarga da pressão de ensaio | 9. Terminal especial que utiliza flanges e curvas tapadas de pé de pato para extremidades das condutas sob ensaio |
| 5. Flanges desmontáveis, para limpeza ou enchimento | 10. Bloco de ancoragem de betão ou equivalente |

Detalhe típico da disposição nas extremidades da conduta para ensaios

Os extremos da conduta a ser ensaiada podem ser adaptados com recurso a embocaduras com flanges ou adaptadores de flanges com parafusos. Os extremos da conduta principal e todas as ligações de ramal devem ser suportados e ancorados de forma adequada para suportar os impulsos das pressões de ensaio.

O ensaio não deve ser feito sem que tenha ocorrido a cura dos blocos de ancoragem em betão, de forma a garantir a resistência necessária. No caso das uniões coladas com colas de solvente (soldadura química) deve ser garantido um período mínimo de 24h antes de submeter a conduta ao ensaio de pressão.

O ensaio deve ser feito com água fria não superior a 25 °C, caso contrário tem de se considerar os factores de redução de pressão referidos. Aplicar a pressão de ensaio pelo menos 1 hora, mas não mais do que 24 horas, e não exceder 1,5 vezes a pressão máxima de projecto (MDP) ou a pressão nominal do componente de pressão nominal mais baixa.

A FERSIL recomenda apenas como pressão de teste (STP) o valor calculado da pressão máxima de projeto (MDP) da seguinte maneira:

- Com golpe de aríete calculado (MDPc) -> STP = MDPc + 100 kPa
- Sem golpe de aríete calculado (MDPa) -> STP = MDPa x 1,5 ou STP = MDPa + 500 kPa (o menor dos valores)

Nota: A margem fixada par o valor do golpe de aríete incluído no MDPa é de 200 kPa.

Para diâmetros pequenos DN ≤ 90 mm e para troços curtos que não excedam os 100 m, a pressão de ensaio é igual à pressão de funcionamento da rede.

Sempre que possível, o ensaio deverá ser executado a partir do ponto mais baixo do sistema, para que o ar seja expelido à medida que se enche a tubagem. Essa posição geralmente regista o ponto de pressão máxima e permite um controlo mais fácil sobre a libertação de qualquer água de ensaio. As flanges cegas, os tubos de ensaio ou tampas devem ter a rosca adequada para instalar os manómetros necessários e o equipamento associado. Devem colocar-se mecanismos para expulsar o ar em todos os pontos altos, ao longo da conduta.

O equipamento de pressão, quer opere manualmente, quer seja mecânico, deve ser de dimensão adequada e ser suficientemente robusto, com ligações que imponham e mantenham as pressões desejadas durante o tempo de ensaio.

O enchimento deverá ser efectuado lentamente com todas as válvulas e ventosas abertas e depois de cheia, todas as ventosas serão fechadas. No enchimento da conduta poderão ser provocados alguns movimentos, tais como:

- o aumento do peso dos tubos durante o enchimento, provoca pequenos ajustamentos na interface tubo/solo;
- pequenas alterações dimensionais e tendência para a tubagem se ajustar com a pressurização;
- movimentos térmicos devido a diferenças de temperatura nas interfaces água/tubo/solo.

Após a estabilização da conduta sob pressão, o ensaio de prova hidráulica pode ser feito por um dos métodos:

- Método de ensaio de queda de pressão – Aumentara pressão regularmente até obter a pressão STP, durante 1 h, deve ser registada a queda de pressão Δp (regressiva), não deve exceder 20 kPa.
- Método de ensaio de perda de água - medição do volume de água que é necessário repor para manter a pressão STP durante 1h e que não deve exceder o volume calculado de acordo com a norma EN 805:

$$\Delta V_{m\acute{a}x} = 1,2V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

Em que:

$\Delta V_{m\acute{a}x}$.	É a perda de água admissível, em litros;
V	É o volume do traço de conduta a ensaiar, em litros;
Δp	É a queda de pressão admissível calculada de acordo com a EN 805, em kiloPascal;
E_w	É o módulo de elasticidade da água, em kiloPascal;
D	É o diâmetro interior da conduta, em metros;
e	É a espessura de la parede do tubo, em metros;
E_R	É o módulo de elasticidade transversal da parede do tubo, em kiloPascal;
1,2	É um factor de correcção (por exemplo para o ar residual) durante o ensaio principal de pressão.

Nota: Para a interpretação do resultado, é importante usar o valor exato de E_R correspondente à temperatura e duração do teste. O valor mais comum de E_R para PVC-U é $3,6 \times 10^6$ kPa.

Durante e após o ensaio devem ser verificadas todas as uniões entre tubos e acessórios e o ensaio pode ser considerado satisfatório se:

- Não houver redução na pressão (pode ocorrer um pequeno aumento devido à reversão do material);
- A quantidade medida de água necessária para restabelecer a pressão de ensaio original é inferior ao valor "máximo permitido".

Advertência: A rápida descompressão de qualquer ar que tenha entrado na conduta pode causar condições transitórias de sobrepressão (golpe de aríete), que são potencialmente perigosas para a instalação e para os operadores.

FERSIL.
TUBOS PORTUGAL

Apartado 2022
3701-906 Cesar
Portugal
Tel.: +351 256 856 010 | Fax: +351 256 856 011
fersil@fersil.com | www.fersil.com